

Faktoren zur Gestaltung von Experimentierphasen - eine Längsschnittstudie -

Einleitung

Experimente gelten als Herzstück des Physikunterrichts (Tesch & Duit, 2004) und tragen entscheidend zu Motivation, Erkenntnisgewinn und fachlicher Kompetenz der Schüler*innen bei (Bagán et al., 2015). Damit Lehrkräfte Experimentierphasen sicher gestalten können, benötigen sie sowohl fundiertes Fachwissen und didaktisches Wissen als auch praktische Handlungssicherheit. Dennoch ist bislang wenig erforscht, welche Faktoren die Umsetzung von Experimentierphasen im Unterricht tatsächlich beeinflussen. Ebenso ist unklar, zu welchem Zeitpunkt werdende Lehrkräfte die dafür notwendigen Kompetenzen im Studium erwerben.

Modellentwicklung

Die vorliegende Studie hat mittels eines integrativen Literaturreviews Faktoren identifiziert, die in der Forschungsliteratur als zentral für das Gestalten von Experimentierphasen beschrieben werden (Tewordt & Stinken-Rösner, 2025a). Zunächst wurden erste Kategorien deduktiv aus der Literatur entnommen. Weitere relevante Faktoren wurden mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse identifiziert und als induktive Kategorien ergänzt. Auf Grundlage dieses Kategoriensystems erfolgte die Überführung der Ergebnisse in das „Modell zum Designen von Experimentierphasen“ (DEP Model, Tewordt & Stinken-Rösner, 2025b). Im Rahmen von ergänzenden Experteninterviews mit Fachleiter*innen aus der zweiten Phase der Lehrkräftebildung erfolgte eine Diskussion des DEP Modells sowie, sofern erforderlich, dessen Ergänzung. Die Expertenvalidierung hatte die Funktion, mögliche blinde Flecken zwischen Theorie und Praxis zu schließen.

Das resultierende DEP Modell umfasst drei Säulen, die das Design von Experimentierphasen maßgeblich bestimmen: Rahmenbedingungen, professionelles Wissen und Persönlichkeit (Abb. 1).

Die Rahmenbedingungen beziehen sich auf den Lehr- und Lernort Schule und die organisatorischen sowie materiellen Voraussetzungen für die Durchführung von Experimentierphasen, z. B. die Ausstattung der Sammlung oder die Verfügbarkeit geeigneter Räumlichkeiten sowie deren Möblierung (Tewordt & Stinken-Rösner, 2025a).

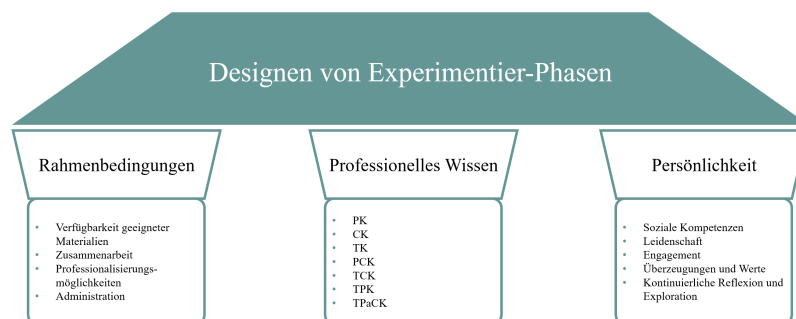


Abb. 1: DEP Model (Tewordt & Stinken-Rösner, 2025b)

Das professionelle Wissen basiert auf den operationalisierten Inhalten des TPaCK-Modells (Koehler & Mishra, 2009) und umfasst zentrale Fähigkeiten, die im Studium erworben werden können (z. B.: Bedienung von Messgeräten, adressatengerechte Elementarisierung von Inhalten oder Classroommanagement).

Die Persönlichkeit beinhaltet unter anderem Einstellungen gegenüber Experimenten, Vorerfahrungen sowie Engagement und Begeisterungsfähigkeit für das Fach und seine Inhalte, die auf Lernende positiv wirken können. (Tewordt & Stinken-Rösner, 2025a).

Empirische Erhebung

Eine an die Modellentwicklung anschließende Studie soll nun untersuchen, wie die drei identifizierten Faktoren durch Studium und Praxiserfahrungen beeinflusst werden. Hierzu wurde folgende Teilfrage formuliert: Wie entwickelt sich das zum Designen von Experimentierphasen notwendige professionelle Wissen im Laufe des Masterstudiums?

Zur Erfassung dieser Entwicklung wurde eine Längsschnittstudie mit drei Messzeitpunkte im ersten Jahr des Masterstudiums konzipiert. Die Stichprobe setzt sich aus zwei Kohorten zusammen ($K_1 = 3$, $K_2 = 7$).

Der erste Messzeitpunkt erfasst den Status quo der Teilnehmenden. Im ersten Mastersemester belegen sie das Seminar „Vorbereitung auf das Praxissemester“ (VPS), das gezielt auf das Planen und Durchführen von Experimenten im schulischen Kontext, und damit auf PCK, ausgerichtet ist. Der zweite Messzeitpunkt folgt nach Abschluss des Seminars.

Im zweiten Mastersemester absolvieren die Teilnehmenden das Praxissemester und sammeln dort unter Begleitung eigenständige Unterrichtserfahrungen. Sie führen ein Experimentiertagebuch, das Aufschluss über Häufigkeit, Komplexität und Rahmenbedingungen von Experimentierphasen im schulischen Alltag gibt. Der dritte Messzeitpunkt erfolgt im Anschluss an das Praxissemester (vgl. Abb. 2).



Abb. 2: Ablauf der Längsschnittstudie

Jeder Messzeitpunkt ist wie folgt aufgebaut: Anhand eines Fragebogens wird die selbsteingeschätzte Experimentierkompetenz (Nawrath, 2011), TPaCK (Stinken-Rösner, 2021), Einstellungen, Vorerfahrungen, wahrgenommene Constrains und Normerwartungen gegenüber dem Experimentieren im Physikunterricht (adaptiert nach Vogelsang et al., 2019) sowie die Selbstwirksamkeitserwartung im Handlungsfeld Experimentieren (Planung & Durchführung; Meinhardt, 2018) erhoben. In einem anschließenden Performanztest (Theyßen et al., 2016) sollen die Teilnehmenden vorgegebene Hypothesen anhand eigenständig geplanter und real durchgeführter Experimente bestätigen bzw. widerlegen. Die Durchführung wird videografiert, Auffälligkeiten werden in einem Beobachtungsbogen festgehalten und sämtliche Notizen sowie Skizzen und Auswertungen der Teilnehmenden werden dokumentiert. Direkt im Anschluss findet ein teilstrukturiertes Leitfadeninterview statt (entwickelt nach Kaiser, 2014). Dieses enthält sowohl Kernfragen (die allen Teilnehmenden gestellt werden) als auch Vertiefungsfragen zu Auffälligkeiten aus dem Performanztest sowie zur hypothetischen Umsetzung des durchgeführten Experimentes im schulischen Kontext. Dieses Interview soll eine Reflexion des Prozesses ermöglichen und Entscheidungsprozesse

der Teilnehmenden transparent machen. Die Interviews werden transkribiert und zur weiteren Auswertung aufbereitet.

Ergebnisse

Aktuell findet eine umfassende Triangulation der vorliegenden Daten statt. Erste Ergebnisse der statistischen Auswertung der quantitativen Daten liegen bereits vor und konnten zur Erläuterung teilweise mit Auszügen der Interviewtranskripte angereichert werden.

Beispielhaft werden im Folgenden die PCK Selbsteinschätzungen zweier Teilnehmer*innen aus der ersten Kohorte über die drei Messzeitpunkte hinweg dargestellt (Abb. 3).

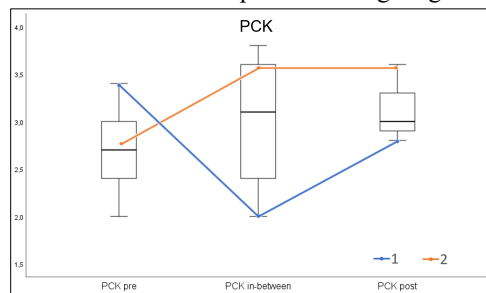


Abb. 3: Die Stichprobengrößen der Boxplots variieren (n_{pre} & $n_{in-between}=10$; $n_{post}=3$), da bei Kohorte 2 der letzte Messzeitpunkt noch aussteht. Die Verläufe der Selbsteinschätzungen von zwei Teilnehmer*innen aus der ersten Kohorte sind zusätzlich farblich markiert.

Die Verläufe der fragebogenbasierten PCK-Selbsteinschätzungen in Abb. 3 unterscheiden sich stark. Bemerkenswert ist, dass diese Unterschiede nur zum Teil durch die Aussagen der Teilnehmer*innen in den Interviews erklärt werden können. So wurden beide Teilnehmenden zum dritten Messzeitpunkt gefragt, ob es Inhalte aus dem Studium gibt, die sie im Praxissemester für die Gestaltung von Experimentierphasen als besonders hilfreich empfanden. Beide nannten vor allem das VPS-Seminar. Teilnehmer*in 1: „Ja, das VPS-Seminar war gut. Ich fand auch Physikdidaktik irgendwie allgemein, also in Physik – die Didaktik ist gut, in Mathe nicht. (...)“; Teilnehmer*in 2: „Ja, also das VPS-Seminar war das einzige. Das Grundpraktikum war es auf jeden Fall nicht und auch nicht das Fortgeschrittenenpraktikum (...)“. Obwohl beide Teilnehmenden das VPS-Seminar als hilfreich hervorheben, zeigt sich bei Teilnehmer*in 1 (Abb. 3, blaue Linie) ein deutlicher Rückgang der Selbsteinschätzung im Bereich PCK zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten in denen das Seminar stattfand, während Teilnehmer*in 2 (Abb. 3, orangene Linie) einen Anstieg verzeichnet.

Diskussion

Die Stichprobengrößen beider Kohorten sind klein, weshalb eine Einzelfallanalyse sowie eine qualitative Inhaltsanalyse aller erhobenen Daten erforderlich sind, um ein differenziertes Bild der Lernverläufe zu erhalten. Widersprüchliche Ergebnisse in den quantitativen und qualitativen Daten, wie die Angaben von Teilnehmer*in 1 in Abb. 3, müssen in der weiteren Auswertung genauer eingeordnet und analysiert werden. Hinzu kommt, dass die Messzeitpunkte relativ punktuell gesetzt sind, sodass nicht ausgeschlossen werden kann, dass individuelle Hintergründe oder aktuelle Erfahrungen die Selbsteinschätzungen kurzfristig beeinflussen.

Literatur

- Bagán, H., Sayós, R. & García, J. (2015). Skill development in experimental courses. *Journal of Technology and Science Education*, 5, 169–183. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.158>
- Erpenbach, A. L. (2024). *Professionalisierung und Vernetzung von Theorie und Praxis in der Lehrer*innenbildung: die Perspektiven von ausbildenden Akteur*innen und Studierenden*.
- Kaiser, R. (2014). *Qualitative Experteninterviews*. Springer Fachmedien.
- Kochler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Meinhardt, C. (2018). *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern*. Logos Verlag.
- Nawrath, D., Maisyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60 (6), 42–49.
- Tewordt, T. & Stinken-Rösner, L. (2025a). A literature-review-based model of the factors that influence the design of experimental phases in physics lessons [unveröffentlichtes Manuskript]. Fakultät für Physik, Universität Bielefeld.
- Tewordt, T. & Stinken-Rösner, L. (2025b). Kompetenzrahmen zur Gestaltung von Experimentierphasen - Literatur-Review basierte Entwicklung eines Modells - [angenommen]. *PhyDid B – Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht-Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN*, 10, 51–69.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz–ein computergestützter Experimentiertest–. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(15), 26–48.
- Steinke, I. (2007). Qualitätssicherung in der qualitativen Forschung. In Steinke, I. (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: computergestützt: Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis* (S. 176–187). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129.